



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
01.03.2023 Patentblatt 2023/09

(21) Anmeldenummer: **21193602.6**

(22) Anmeldetag: **27.08.2021**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B21D 19/16 ^(2006.01) **B21D 41/04** ^(2006.01)
B21D 53/88 ^(2006.01) **B21J 9/02** ^(2006.01)
B21K 21/14 ^(2006.01) **C21D 9/00** ^(2006.01)
B21D 51/16 ^(2006.01) **B21K 21/12** ^(2006.01)
B60R 21/26 ^(2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B21D 41/04; B21D 19/16; B21D 51/16;
B21D 53/88; B21K 21/12; C21D 1/26; C21D 7/10;
C21D 8/105; C21D 9/14; B60R 2021/26076;
C21D 2221/01

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(71) Anmelder: **Benteler Steel/Tube GmbH**
33104 Paderborn (DE)

(72) Erfinder:
• **Tegethoff, Dirk**
33154 Salzkotten (DE)

• **Lücke, Daniel**
33034 Brakel (DE)
• **Wellpott, Marcel**
33102 Paderborn (DE)

(74) Vertreter: **Sprenger, Gerrit Lars Eike**
Hannke Bittner & Partner
Patent- und Rechtsanwälte mbB
Falderbaumstraße 16a
34123 Kassel (DE)

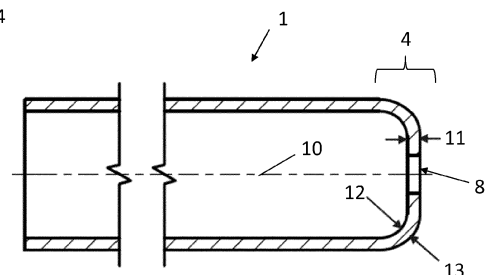
Bemerkungen:
Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.

(54) **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES ROHRPRODUKTES AUS STAHL, INSBESONDERE EINES AIRBAGROHRPRODUKTES, SOWIE EIN MIT DIESEM VERFAHREN HERGESTELLTES ROHRPRODUKT AUS STAHL, INSBESONDERE EIN AIRBAGROHRPRODUKT**

(57) Die Erfindung betrifft Verfahren zur Herstellung eines Rohrproduktes (1), insbesondere eines Airbagrohrproduktes, aus Stahl mit folgenden Schritten:

- Bereitstellen eines Stahlrohres (2),
- Umformen des Stahlrohres (2) zu einer Vorgeometrie (3), wobei in einem Endbereich (4) ein Außendurchmesser (5) des Stahlrohres (2) durch axiales Verschieben in ein Außenwerkzeug reduziert wird,
- Entnahme der Vorgeometrie (3) aus dem Außenwerkzeug und Entnahme des Innendorns aus der Vorgeometrie (3),
- axiales Verschieben der Vorgeometrie (3) in ein Einziehwerkzeug mit einer topfförmigen Konkavität aufweisende Einrollkontur bei gleichzeitigem Umformen der Vorgeometrie (3) zum Rohrprodukt (1) mit einer stirnseitig zentralen, rotationssymmetrischen Auslassöffnung (8),
- Entnahme des Rohrproduktes (1) aus dem Einziehwerkzeug.

Figur 4



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Rohrproduktes aus Stahl, insbesondere eines Airbagrohrproduktes, sowie ein mit diesem Verfahren hergestelltes Rohrprodukt, insbesondere ein Abgasrohrprodukt, aus Stahl. Hochfeste beziehungsweise höchstfeste Rohrprodukte aus Stahl finden in vielen technischen industriellen Anwendungen Verwendung. Insbesondere werden solche Rohrprodukte auch als Airbagrohre verwendet.

[0002] In der DE 197 14 753 B4 ist ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Rohrproduktes beschrieben. Dabei wird ein rohrförmiges Werkstück aus Metall in eine Form eingeführt, deren Durchmesser wesentlich größer ist als der des Werkstücks, wobei die Form des Werkstücks von separaten Antrieben in gleicher Drehrichtung parallel zueinander ausgerichteten Längsachsen rotierend angetrieben werden und durch eine Vorschubbewegung der Form und des Werkstückes Pressdruck für eine Umformung erzeugt wird. Das Werkstück rollt während dieser Umformung am Umfang der Form ab und das Ende des Werkstückes in der Form wird durch Reibungswärme aufgeschmolzen und zu einem Behälterboden geformt. Dabei wird in das Werkstück ein Dorn eingeführt, der während der Umformung einen innenseitigen Druck auf den sich formenden Behälter ausübt und mit dem Werkstück rotiert.

[0003] Ein derartiges Fließrollieren baut auf dem Verfahrensprinzip des Drückens beziehungsweise Druckwalzens auf. Der wesentliche Unterschied hierzu besteht darin, dass das Werkzeug keine Rolle ist, die eine bestimmte Form abfährt, sondern ein topfförmiges Werkzeug, in das der gesamte Formverlauf eingearbeitet ist. Die Bauteile, die nach diesem Verfahren hergestellt werden können, müssen allerdings rotationssymmetrisch sein. Ein derartiges Verfahren ist unter folgendem Link detailliert beschrieben: <https://gfu-forming.de/technologien-umformmaschinen/fliessrollieren/>

[0004] Auch in der DE 196 07 010 C1 ist ein derartiges Verfahren beschrieben.

[0005] Obwohl mit diesem Verfahren zufriedenstellende Ergebnisse für Rohrprodukte, insbesondere Airbagrohrprodukte erzielt werden können, haben derartige Herstellungsverfahren entscheidende Nachteile. Sowohl durch die Rotation des Rohrproduktes als auch des Werkzeuges bei der Herstellung des Rohrproduktes sind komplexe Anlagen notwendig, um solche Rohrprodukte herzustellen. Zudem ist die Fertigung sehr zeitaufwändig und die Rohroberfläche kann dabei negativ beeinflusst werden.

[0006] Es ist daher Aufgabe der Erfindung ein einfacheres Herstellungsverfahren für derartige Rohrprodukte, insbesondere Airbagrohrprodukte bereit zu stellen, um den Realisierungs- und Anlagenaufwand deutlich zu reduzieren.

[0007] Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Verfahren mit allen Merkmalen des Patentanspruchs 1. Vorteilhafte

Ausgestaltungen der Erfindung finden sich in den Unteransprüchen.

[0008] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung eines Rohrproduktes, insbesondere eines Airbagrohrproduktes aus Stahl weist dabei folgende Verfahrensschritte auf:

- a) Bereitstellen eines Stahlrohres,
- b) Umformen des Stahlrohres zu einer Vorgeometrie, wobei in einem Endbereich ein Außendurchmesser des Stahlrohres durch axiales Verschieben in ein Außenwerkzeug reduziert wird,
- c) Entnahme der Vorgeometrie aus dem Außenwerkzeug und Entnahme des Innendorns aus der Vorgeometrie,
- d) Axiales Verschieben der Vorgeometrie in ein Einziehwerkzeug mit einer topfförmigen Konkavität aufweisende Einrollkontur bei gleichzeitigem Umformen der Vorgeometrie zum Rohrprodukt mit einer stirnseitig zentralen, rotationssymmetrischen Auslassöffnung,
- e) Entnahme des Rohrproduktes aus dem Einzelwerkzeug.

[0009] Durch das erfindungsgemäße Verfahren ist der Realisierungs- beziehungsweise Anlagenaufwand zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Rohrproduktes beziehungsweise Airbagrohrproduktes deutlich reduziert, da im Vergleich zu der Herstellung solcher Rohrprodukte mittels Fließrollieren sowohl auf eine Rotation des Werkstückes als auch des Werkzeuges vollständig verzichtet werden kann. Dadurch, dass nur axiale Bewegungen des Rohrproduktes und/oder der verwendeten Werkzeuge notwendig sind, ist nicht nur der Realisierungs- beziehungsweise Anlagenaufwand deutlich reduziert. Vielmehr lässt sich dadurch auch der Umformprozess des bereitgestellten Stahlrohres schneller und kostengünstiger gestalten. Weiterhin wird durch die Vermeidung des Rotierens des Stahlrohres und/oder des Werkzeuges auch eine sehr hohe Reibungstemperatur vermieden, sodass durch die Reduktion der Umformtemperaturen die Zunderbildung deutlich reduziert werden kann. Auch wird durch die erfindungsgemäßen mehrstufigen Umform- und Kalibrierprozesse der Zerspanungsaufwand bei der Herstellung des Rohrproduktes minimiert, wobei eine Zerspanung für die Auslassöffnung sogar obsolet wird.

[0010] Nach einer ersten vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es vorgesehen, dass das Umformen in Schritt b) als Kaltumformen beziehungsweise Kalteinziehen erfolgt. Insbesondere durch diese Maßnahme wird im Vergleich zum aus dem Stand der Technik bekannten Fließrollieren eine Reduktion der Umformtemperatur erreicht, die zu einer erheblichen Reduzierung der Zunderbildung beiträgt.

[0011] In die gleiche Richtung zielt die Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens, dass nach Schritt b ein weiteren Schritt, nämlich Kalibrieren eines Innen-

durchmessers der Vorgeometrie durchgeführt wird, wobei die Vorgeometrie weiterhin in dem Außenwerkzeug eingelegt ist und ein Innendorn mit einem dem Innendurchmesser der kalibrierten Vorgeometrie entsprechenden Außendurchmesser in den Endbereich der Vorgeometrie eingeführt und die Vorgeometrie dabei gegen das Außenwerkzeug gepresst wird, sodass der Innendurchmesser der Vorgeometrie durch Umformen kalibriert wird. Auch dieses Umformen erfolgt als Kaltumformen beziehungsweise Kalteinziehen.

[0012] Kalteinziehen beziehungsweise Kaltumformen bedeutet, dass die Umformung zwischen Raumtemperatur von ca. 293 K und einer Temperatur kleiner 473 K insbesondere ohne Vorerwärmung und ohne erwärmte Werkzeuge erfolgt. Durch den Verzicht einer Vorerwärmung des Werkstückes oder der Werkzeuge wird auch eine deutliche bessere Energiebilanz erreicht, da beim Fließrollieren die Werkstücke und/oder die Werkzeuge vorerwärmt werden.

[0013] Das Einziehen und Kalibrieren gemäß Schritt b) und dem zuvor beschriebenen nachfolgenden Kalibrierschritt vor Schritt c) wird über eine Teillänge des Rohres bzw. des Rohrende durchgeführt. Diese Teillänge kann in einer Ausführungsform der Erfindung durch das Einrollen vollständig endgeformt werden derart, dass am fertigen Rohrprodukt kein im Durchmesser reduzierter Abschnitt mehr vorhanden ist.

[0014] Es ist aber auch möglich, dass gezielt eine größere Teillänge eingezogen und kalibriert wird, als beim anschließenden Einrollen verbraucht bzw. genutzt wird, so dass eine Teillänge mit reduziertem und hochmaßhaltig kalibriertem Durchmesser zwischen eingerolltem Rohrende und unverformten Rohrabschnitten verbleibt. Diese Teillänge ist bevorzugt als Befestigungsbereich für Einbauteile und/oder Anbauteile an Rohrprodukt verwendbar.

[0015] Nach einem weiteren Gedanken der Erfindung ist es vorgesehen, dass das Umformen in Schritt d) als Warmumformen beziehungsweise Halbwarmumformen erfolgt. Bei einer Stahllegierung bedeutet dies das Vorerwärmen des Werkstückes, hier also der Vorgeometrie auf einen Temperaturbereich zwischen 673 K und der Ac3-Temperatur (ca. um 1173 K bei Stahllegierungen) + 50 K, wodurch ein einfacheres Umformen der Vorgeometrie erreicht wird. Im Falle der Warmumformung erfolgt das Vorerwärmen auf mindestens Ac3-Temperatur zwecks Austenitisierung der Stahllegierung und nach Schritt d) beziehungsweise unmittelbar nach dem im folgenden Absatz beschriebenen optional Fertigformen wird ein Abschrecken zwecks Härten durchgeführt.

[0016] Nach einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es vorgesehen, dass ein Kalibrieren beziehungsweise Fertigformen des Endbereiches samt Auslassöffnung des Rohrproduktes erfolgt, und zwar durch Einlegen eines zweiten Innendorns, der eine der Innenkontur des herzustellenden Endbereiches des Rohrproduktes entsprechende Außenkontur aufweist, und ein axiales Verschieben des

zweiten Innendorns samt Rohrprodukt in ein zweites Außenwerkzeug, dessen Innenkontur der Außenkontur des herzustellenden Endbereiches des Rohrproduktes entspricht. Durch diese Ausgestaltung der Erfindung wird in einfacher Weise erreicht, dass der Endbereich des Rohrproduktes in einfacher Weise durch axiales Verschieben von Werkzeugen beziehungsweise Innendornen und/oder der Vorgeometrie ohne ein Rotieren der Vorgeometrie beziehungsweise eines der Werkzeuge und/oder des Innendorns erfolgt. Auch hierdurch wird der Realisierungs- beziehungsweise Anlagenaufwand beim erfindungsgemäßen Verfahren deutlich minimiert.

[0017] Dabei hat es sich als besonders vorteilhaft erwiesen, dass zum Kalibrieren beziehungsweise Fertigformen der Auslassöffnung ein zweiter Innendorn mit einem stirnseitig zentralen, rotationssymmetrischen Element verwendet wird, dessen Außenkontur der Innenkontur der Auslassöffnung des herzustellenden Rohrproduktes entspricht. Hierdurch ist in einfacher Weise erreicht, dass nicht nur der gesamte Endbereich des Rohrproduktes mit erheblich reduzierten Realisierungs- beziehungsweise Anlagenaufwand ohne ein Rotieren des Rohrproduktes beziehungsweise der Vorgeometrie oder eines der Werkzeuge inklusive Innendornen erfolgen kann.

[0018] Um die energetische Bilanz des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens zu optimieren, ist es vorgesehen, dass das Kalibrieren beziehungsweise Fertigformen des Endbereiches und/oder der Auslassöffnung bei einer Restwärme eines in Schritt d) durchgeführten warmbeziehungsweise halbwarmumformen erfolgt, insbesondere bei einer Temperatur von mindestens 473 K des verwendeten Stahls beziehungsweise der verwendeten Stahllegierung. Bevorzugt wird nach Schritt d) unmittelbar das Kalibrieren beziehungsweise Fertigformen des Endbereiches samt Auslassöffnung durchgeführt. Die Umformbarkeit beim Fertigformen des herzustellenden Rohrproduktes ist dabei umso besser, je höher die Restwärme beim Kalibrieren beziehungsweise Fertigformen des Endbereiches und/oder der Auslassöffnung ist. Außerdem erlaubt ein unmittelbares Fertigformen unter Restwärmenutzung eine Härtung, wenn vor Schritt d) auf >Ac3-Temperatur erwärmt und direkt nach dem Fertigformen das Rohrprodukt rasch abgekühlt beziehungsweise abgeschreckt wird.

[0019] Um das Umformen des Stahlrohres beziehungsweise auch der Vorgeometrie möglichst reibungsarm zu realisieren ist es vorgesehen, dass zum Umformen Schmiermittel zwischen dem Stahlrohr beziehungsweise der Vorgeometrie und den Werkzeugen beziehungsweise den Innendornen eingebracht werden. Zumindest für die Warmumformung bzw. Halbwarmumformung ist vorzugsweise ein temperaturbeständiger Schmierstoff vorzusehen.

[0020] Nach einem besonderen Gedanken der Erfindung ist es vorgesehen, dass als Stahl für das Stahlrohr eine Stahllegierung und insbesondere ein härter Stahl UHS-Stahl verwendet wird. Derartige Stähle bieten die

notwendige Stabilität, sodass nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellte Rohrprodukte auch hohe Drücke aushalten können, wie sie beispielsweise bei der Verwendung derartiger Rohrprodukte als Airbagrohrprodukte in deren Inneren auftreten können.

[0021] Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich nach einem besonderen Gedanken der Erfindung deshalb dadurch aus, dass als Werkstoff des Rohres beziehungsweise des daraus herzustellenden Rohrproduktes ein Stahl verwendet wird, der außer Eisen und unvermeidbaren schmelzbedingten Verunreinigungen die folgenden Legierungselemente in Gewichtsprozenten aufweist:

C 0,07 0,50, vorzugsweise 0,07 0,20;
Si 0,05 - 0,55;
Mn 0,2 2,5, vorzugsweise 0,4 0,8;
P < 0,025; S < 0,02;
Cr < 2 vorzugsweise 0,8 1,0;
Ti < 0,03, vorzugsweise < 0,015;
Mo < 0,6, vorzugsweise 0,25 0,4;
Ni < 0,6, vorzugsweise 0,2 0,3;
Al 0,001 0,05, vorzugsweise 0,02 0,04; 25
V < 0,5, vorzugsweise < 0,1;
Nb < 0,1, vorzugsweise < 0,06.

[0022] Mit Vergütungsstählen dieser Zusammensetzungen können mit dem erfindungsgemäßen Verfahren Rohrprodukte bereitgestellt werden, deren Kerbschlagarbeitswerte von mindestens 70 J/cm² bei 293 K und mindestens 50 J/cm² bei 23 K betragen. Derartige Stähle eignen sich in besonders guter Weise für die Herstellung von Airbagrohren mit einer Zugfestigkeit von mindestens 700 MPa, insbesondere von mindestens 900 MPa.

[0023] Abschließend soll auch ein Rohrprodukt, insbesondere ein Airbagrohrprodukt geschützt sein, welches nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt wurde.

[0024] Ein derartiges Airbagrohr weist eine Rohrwand mit einer Außenfläche und einer Innenfläche auf, wobei an einem Rohrende die Rohrwand in ihrem Durchmesser reduziert ist. Dabei ist wenigstens eine Teillänge mit reduziertem Durchmesser eingerollt und teilweise geschlossen ausgebildet, wobei eine rotationssymmetrische Auslassöffnung die Rohrwand am eingerollten Rohrende stirnseitig begrenzt. Dabei weist die Teillänge mit reduziertem Durchmesser eine Kohlenstoffverteilung gemessen in Wanddickenrichtung in eines Toleranzbandes von nicht mehr als 10 Prozent auf und/oder die Teillänge mit reduziertem Durchmesser ist frei von Überwalzungen, Schuppen, losen Partikeln oder Späne.

[0025] Hierdurch wird eine verbesserte Produktoberfläche durch reduzierte Zunderbildung infolge der geringeren Umformtemperatur, kürzeren Prozesszeiten und Ausschluss von Luftsauerstoff durch ständigen Kontakt zwischen Werkzeug und erwärmter Oberfläche in der Umformzone erreicht.

[0026] Auch treten keine Schuppen und lose Partikel

an der Produktoberfläche, da keine Überwalzungen stattfinden. Insofern können sich beim späteren Einsatz des Produkts, beispielsweise bei der Auslösung des Airbaggenerators, keine derartige Partikel lösen und in den Luftsack (Airbag) gelangen. Des Weiteren könnten derartige Partikel im Werkzeug verbleibend Fehlstellen (pittings) an nachfolgend umgeformten Teilen verursachen.

[0027] Infolge der geringeren Umformtemperatur, kürzeren Prozesszeiten und Ausschluss von Luftsauerstoff durch ständigen Kontakt zwischen Werkzeug und erwärmter Oberfläche in der Umformzone wird auch eine Produktoberfläche mit minimierter Abkühlung und Auskühlung (Weichhaut) erreicht. Diese ab- und / oder ausgekühlte Oberfläche stellt in konventionell hergestellten Rohrprodukten, insbesondere Airbagrohrprodukten eine Schwachstelle für mechanische Beschädigungen dar.

[0028] Auch zeigen Rohrprodukte beziehungsweise Airbagrohrprodukte geringere Entfestigung des Materials in der Umformzone infolge der geringeren Umformtemperatur und kürzerer Prozesszeit.

[0029] Ebenso fallen keine Späne am Rohrprodukt an, da der Zerspanungsprozess obsolet ist. Der Verbleib von Spänen im Innern des Generatorgehäuses ist somit sicher auszuschließen. Bei der konventionellen Herstellung von Airbagrohrprodukten können derartige Späne bei der Auslösung des Systems in den Luftsack (Airbag) geschossen und damit Personenschäden verursacht werden.

[0030] Weitere Ziele, Vorteile, Merkmale und Anwendungsmöglichkeiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnungen. Dabei bilden alle beschriebenen und/oder bildlich dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger sinnvoller Kombination den Gegenstand der vorliegenden Erfindung, auch unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Ansprüchen oder deren Rückbeziehung.

[0031] Es zeigen:

Figur 1: ein Ausführungsbeispiel eines Stahlrohres zur Bereitstellung zur Herstellung eines Rohrproduktes mit einem erfindungsgemäßen Verfahren,

Figur 2: das Stahlrohr der Figur 1 nach einem erfindungsgemäßen Verfahrensschritt zur Herstellung einer unkalibrierten Vorgeometrie,

Figur 3: die Vorgeometrie gemäß Figur 2 nach einem Kalibrieren und

Figur 4 das fertig hergestellte Rohrprodukt.

[0032] In Figur 1 ist ein Stahlrohr 2 dargestellt, welches als Ausgangsprodukt zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Rohrproduktes mit einem erfindungsgemäßen Verfahren dient. Das Stahlrohr 2 ist dabei als rotations-

symmetrisches Element mit einem konstanten Außendurchmesser 5 ausgebildet, welcher eine als Längsachse ausgebildete Rotationsachse 10 aufweist.

[0033] Nach dem Bereitstellen des Stahlrohres 2 wird dieses zu einer Vorgeometrie 3 umgeformt, wobei in einem Endbereich 4 ein Außendurchmesser des Stahlrohres 2 durch axiales Verschieben in ein hier nicht dargestelltes Außenwerkzeug reduziert wird. Ein derartig reduzierter Außendurchmesser 6 ist in der Figur 2 dargestellt, bei dem der Endbereich 4 bereits entsprechend umgeformt jedoch noch nicht kalibriert ist. Dieses Kalibrieren erfolgt bei eingelegter Vorgeometrie 3 in dem hier nicht dargestellten Außenwerkzeug, in dem ein hier ebenfalls nicht dargestellter Innendorn mit einem dem Innendurchmesser 7 der kalibrierten Vorgeometrie 3 entsprechenden Außendurchmesser in den Endbereich der Vorgeometrie 3 eingeführt wird. Hierdurch wird der Innendurchmesser 7 der Vorgeometrie 3 durch dieses Umformen kalibriert.

[0034] Durch das Reduzieren des Außendurchmessers 5 des Stahlrohres 2 zu dem Außendurchmesser 6 der Vorgeometrie 3 erhöht sich natürlich die Wanddicke in dem Endbereich 4 der Vorgeometrie 3 im Vergleich zur Wanddicke im Endbereich 4 des Stahlrohres 2.

[0035] Diese erhöhte Wanddicke wird durch das beschriebene Kalibrieren wieder ausgedünnt. Durch diese Ausdünnung der Wanddicke im Endbereich wird das nachfolgend beschriebene Einrollen des Endbereiches erleichtert und reproduzierbarer gestaltet. Eine derartig kalibrierte Vorgeometrie 3 ist in der Figur 3 dargestellt.

[0036] Die Umformungen des Stahlrohres 2 und der Vorgeometrie 3, die zuvor beschrieben wurden, wurden alle durch Kaltumformen beziehungsweise Kalteinziehen durchgeführt. Dabei bedeutet Kaltumformen beziehungsweise Kalteinziehen, dass die Umformung zwischen Raumtemperatur und einer Temperatur kleiner 473 K, insbesondere ohne Vorerwärmung und ohne erwärmte Werkzeuge erfolgt. Zum einfacheren aufeinander abgleiten des Stahlrohres 2 beziehungsweise der Vorgeometrie 3 auf den eingesetzten Werkzeugen und Dornen, können beim Umformen einfache Schmiermittel zwischen den einzelnen Teilen eingesetzt werden.

[0037] Um die Vorgeometrie nunmehr zum endgültigen Rohrprodukt 1 umzuformen, erfolgt ein axiales Verschieben der Vorgeometrie in ein in den Figuren nicht dargestelltes Einziehwerkzeug mit einer U-förmigen Kavität aufweisende Einrollkontur bei gleichzeitigem Umformen der Vorgeometrie zum Rohrprodukt mit einer stirnseitig zentralen, rotationssymmetrischen Auslassöffnung.

[0038] Im Rahmen der Erfindung bedeutet U-förmig / topfförmig ein wenigstens teilweise gekrümmter Wandverlauf zwischen Auslassöffnung und unverformten Rohrab schnitten -> z.B. auch halbkugelförmig.

[0039] Dieses Umformen erfolgt dabei als Warmumformen beziehungsweise Halbwarmumformen zwischen einer Temperatur von 473 K bis zu einer Ac1-Temperatur des verwendeten Stahls, welche bei den verwendeten

Stählen und Stahllegierungen für das Rohrprodukt um 1173 K liegt.

[0040] Das Umformen des Endbereiches 4 samt Auslassöffnung 8 des Rohrproduktes 1 erfolgt dabei durch Einlegen eines zweiten, hier ebenfalls nicht dargestellten Innendorns, der eine der Innenkontur des kalibrierten Endbereiches 4 des Rohrproduktes 1 entsprechende Außenkontur aufweist, und ein axiales Verschieben des zweiten Innendorns samt Rohrprodukt in ein zweites, ebenfalls hier nicht dargestelltes Außenwerkzeug, dessen Innenkontur der Außenkontur des kalibrierten Endbereiches 4 des Rohrproduktes 1 entspricht.

[0041] In diesem abschließenden durch Warmumformen erfolgten Umformschritt wird beim Einrollen des Endbereiches 4 und nachfolgendem Einführen des zweiten Innendorns eine Querwanddicke 11 stirnseitig wieder leicht reduziert, wobei gleichzeitig eine Optimierung der Geometrie der Auslassöffnung 8 erfolgt. Gleichzeitig werden die Innenradien 12 und Außenradien 13 im Einrollbereich des Endbereiches 4 verringert.

[0042] In den hier gezeigten Ausführungsbeispielen erfolgt das Einziehen des Stahlrohres 2 in seinem Endbereich 4 über die Länge, die zum Einrollen der Vorgeometrie 3 und zum Ausbilden der Ausgangsöffnung 8 notwendig ist. In einem weiteren hier nicht dargestellten Ausführungsbeispiel kann das Einziehen über einen größeren Endbereich des Ausgangsstahlrohres 2 erfolgen. Beim späteren Einrollen wird dann allerdings nicht der gesamte eingezogene Endbereich benötigt, sodass sich der Innen- und Außenradius des abschließenden Rohrproduktes in dem nicht eingerollten Endbereich im Vergleich zu den außerhalb des Endbereiches 4 liegenden Längserstreckung des Rohrproduktes entsprechend verringert.

Bezugszeichenliste

[0043]

- | | |
|----|------------------|
| 1 | Rohrprodukt |
| 2 | Stahlrohr |
| 3 | Vorgeometrie |
| 4 | Endbereich |
| 5 | Außendurchmesser |
| 6 | Außendurchmesser |
| 7 | Innendurchmesser |
| 8 | Auslassöffnung |
| 10 | Rotationsachse |
| 11 | Dicke |
| 12 | Innenradius |
| 13 | Außenradius |

Patentansprüche

- Verfahren zur Herstellung eines Rohrproduktes (1), insbesondere eines Airbagrohrproduktes, aus Stahl mit folgenden Schritten:

- a) Bereitstellen eines Stahlrohres (2),
 b) Umformen des Stahlrohres (2) zu einer Vorgeometrie (3), wobei in einem Endbereich (4) ein Außendurchmesser (5) des Stahlrohres (2) durch axiales Verschieben in ein Außenwerkzeug reduziert wird,
 c) Entnahme der Vorgeometrie (3) aus dem Außenwerkzeug und Entnahme des Innendorns aus der Vorgeometrie (3),
 d) axiales Verschieben der Vorgeometrie (3) in ein Einziehwerkzeug mit einer topfförmigen Konkavität aufweisende Einrollkontur bei gleichzeitigem Umformen der Vorgeometrie (3) zum Rohrprodukt (1) mit einer stirnseitig zentralen, rotationssymmetrischen Auslassöffnung (8),
 e) Entnahme des Rohrprodukt (1) aus dem Einziehwerkzeug.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Umformen in Schritt b) als Kaltumformen beziehungsweise Kalteinziehen erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, umfassend nach dem Schritt b) ein weiteren Schritt nämlich Kalibrieren eines Innendurchmessers (7) der Vorgeometrie (3), wobei die Vorgeometrie (3) weiterhin in dem Außenwerkzeug eingelegt ist und ein Innendorn mit einem dem Innendurchmesser (7) der kalibrierten Vorgeometrie (3) entsprechenden Außendurchmesser in den Endbereich (4) der Vorgeometrie (3) eingeführt und die Vorgeometrie (3) dabei gegen das Außenwerkzeug gepresst wird, sodass der Innendurchmesser (7) der Vorgeometrie (3) durch Umformen kalibriert wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Umformen in dem weiteren Schritt als Kaltumformen erfolgt.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Umformen in Schritt d) als Warmumformen beziehungsweise Halbwarmumformen erfolgt.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** ein Fertigformen des Endbereiches (4) samt Auslassöffnung (8) des Rohrprodukt (1) durch Einlegen eines zweiten Innendorns, der eine der Innenkontur des herzustellenden Endbereiches (4) des Rohrproduktes (1) entsprechende Außenkontur aufweist, und ein axiales Verschieben des zweiten Innendorns samt Rohrprodukt (1) in ein zweites Außenwerkzeug, dessen Innenkontur der Außenkontur des herzustellenden Endbereiches (4) des Rohrprodukt (1) entspricht.
7. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Kalibrieren beziehungsweise Fertigformen der Auslassöffnung (8) der zweite Innendorn mit einem stirnseitig zentralen, rotationssymmetrischen Element verwendet wird, dessen Außenkontur der Innenkontur der herzustellenden Auslassöffnung des Rohrprodukt (1) entspricht.
8. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kalibrieren des Endbereiches (4) und/oder der Auslassöffnung (8) bei einer Restwärme eines in Schritt e) durchgeführten Warmbeziehungsweise Halbwarmumformen erfolgt, insbesondere bei einer Temperatur von mindestens 473 K beziehungsweise kleiner einer Ac1-Temperatur des verwendeten Stahls beziehungsweise der verwendeten Stahllegierung.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rohrprodukt vor Schritt d) (einrollen) auf >Ac3-Temperatur erwärmt und nach dem Schritt d) beziehungsweise im Falle eines Kalibrierens der Auslassöffnung aktiv abgekühlt wird, so dass sich ein wenigstens teilweise gehärtetes Gefüge in der Stahllegierung einstellt.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Stahl für das Stahlrohr eine Stahllegierung und insbesondere ein härtpbarer höchstfester-Stahl verwendet wird.
11. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Werkstoff des Rohres beziehungsweise des daraus herzustellenden Rohrproduktes ein Stahl verwendet wird, der außer Eisen und unvermeidbaren schmelzbedingten Verunreinigungen die folgenden Legierungselemente in Gewichtsprozent aufweist:
- C 0,07 0,50, vorzugsweise 0,07 0,20;
 Si 0,05 - 0,55;
 Mn 0,2 2,5, vorzugsweise 0,4 0,8;
 P < 0,025; S < 0,02;
 Cr < 2 vorzugsweise 0,8 1,0;
 Ti < 0,03, vorzugsweise < 0,015;
 Mo < 0,6, vorzugsweise 0,25 0,4;
 Ni < 0,6, vorzugsweise 0,2 0,3;
 Al 0,001 0,05, vorzugsweise 0,02 0,04; 25
 V < 0,5, vorzugsweise < 0,1;
 Nb < 0,1, vorzugsweise < 0,06.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das hergestellte Rohrprodukt (1) eine Zugfestigkeit von 700 MPa, vorzugsweise von mindestens 900 MPa aufweist.
13. Rohrprodukt (1), insbesondere ein Airbagrohrpro-

dukt, hergestellt nach einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12.

Geänderte Patentansprüche gemäß Regel 137(2) EPÜ.

1. Verfahren zur Herstellung eines Rohrproduktes (1), insbesondere eines Airbagrohrproduktes, aus Stahl mit folgenden Schritten:

- a) Bereitstellen eines Stahlrohres (2),
- b) Umformen des Stahlrohres (2) zu einer Vorgeometrie (3), wobei in einem Endbereich (4) ein Außendurchmesser (5) des Stahlrohres (2) durch axiales Verschieben in ein Außenwerkzeug reduziert wird, und
- Kalibrieren eines Innendurchmessers (7) der Vorgeometrie (3), wobei die Vorgeometrie (3) weiterhin in dem Außenwerkzeug eingelegt ist und ein Innendorn mit einem dem Innendurchmesser (7) der kalibrierten Vorgeometrie (3) entsprechenden Außendurchmesser in den Endbereich (4) der Vorgeometrie (3) eingeführt und die Vorgeometrie (3) dabei gegen das Außenwerkzeug gepresst wird, sodass der Innendurchmesser (7) der Vorgeometrie (3) durch Umformen kalibriert wird,
- c) Entnahme der Vorgeometrie (3) aus dem Außenwerkzeug und Entnahme des Innendorns aus der Vorgeometrie (3),
- d) axiales Verschieben der Vorgeometrie (3) in ein Einziehwerkzeug mit einer einseitig topfförmigen Konkavität aufweisende Einrollkontur bei gleichzeitigem Umformen der Vorgeometrie (3) zum Rohrprodukt (1) mit einer stirnseitig zentralen, rotationssymmetrischen Auslassöffnung (8),
- e) Entnahme des Rohrproduktes (1) aus dem Einziehwerkzeug,

dadurch gekennzeichnet, dass sowohl in Verfahrensschritten b) als auch in Verfahrensschritten d) auf eine Rotation des Stahlrohres (2) sowie der Vorgeometrie (3) und des Außenwerkzeuges verzichtet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Umformen in Schritt b) als Kaltumformen beziehungsweise Kalteinziehen erfolgt.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Umformen in Schritt d) als Warmumformen beziehungsweise Halbwarmumformen erfolgt.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche

che, **gekennzeichnet durch** ein Fertigformen des Endbereiches (4) samt Auslassöffnung (8) des Rohrproduktes (1) durch Einlegen eines zweiten Innendorns, der eine der Innenkontur des herzustellenden Endbereiches (4) des Rohrproduktes (1) entsprechende Außenkontur aufweist, und ein axiales Verschieben des zweiten Innendorns samt Rohrprodukt (1) in ein zweites Außenwerkzeug, dessen Innenkontur der Außenkontur des herzustellenden Endbereiches (4) des Rohrproduktes (1) entspricht.

5. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Kalibrieren beziehungsweise Fertigformen der Auslassöffnung (8) der zweite Innendorn mit einem stirnseitig zentralen, rotationssymmetrischen Element verwendet wird, dessen Außenkontur der Innenkontur der herzustellenden Auslassöffnung des Rohrproduktes (1) entspricht.

6. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kalibrieren des Endbereiches (4) und/oder der Auslassöffnung (8) bei einer Restwärme eines in Schritt e) durchgeführten Warmbeziehungsweise Halbwarmumformens erfolgt, insbesondere bei einer Temperatur von mindestens 473 K beziehungsweise kleiner einer Ac1-Temperatur des verwendeten Stahls beziehungsweise der verwendeten Stahllegierung.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rohrprodukt vor Schritt d) (einrollen) auf >Ac3-Temperatur erwärmt und nach dem Schritt d) beziehungsweise im Falle eines Kalibrierens der Auslassöffnung aktiv abgekühlt wird, so dass sich ein wenigstens teilweise gehärtetes Gefüge in der Stahllegierung einstellt.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Stahl für das Stahlrohr eine Stahllegierung und insbesondere ein härter höchstfester-Stahl verwendet wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Werkstoff des Rohres beziehungsweise des daraus herzustellenden Rohrproduktes ein Stahl verwendet wird, der außer Eisen und unvermeidbaren schmelzbedingten Verunreinigungen die folgenden Legierungselemente in Gewichtsprozent aufweist:

C 0,07 - 0,50, vorzugsweise 0,07 - 0,20;
Si 0,05 - 0,55;
Mn 0,2 - 2,5, vorzugsweise 0,4 - 0,8;
P < 0,025; S < 0,02;
Cr < 2 vorzugsweise 0,8 - 1,0;
Ti < 0,03, vorzugsweise < 0,015;
Mo < 0,6, vorzugsweise 0,25 - 0,4;
Ni < 0,6, vorzugsweise 0,2 - 0,3;

Al 0,001 - 0,05, vorzugsweise 0,02 - 0,04; 25

V < 0,5, vorzugsweise < 0,1;

Nb < 0,1, vorzugsweise < 0,06.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das hergestellte Rohrprodukt (1) eine Zugfestigkeit von 700 MPa, vorzugsweise von mindestens 900 MPa aufweist.

5

10

15

20

25

30

35

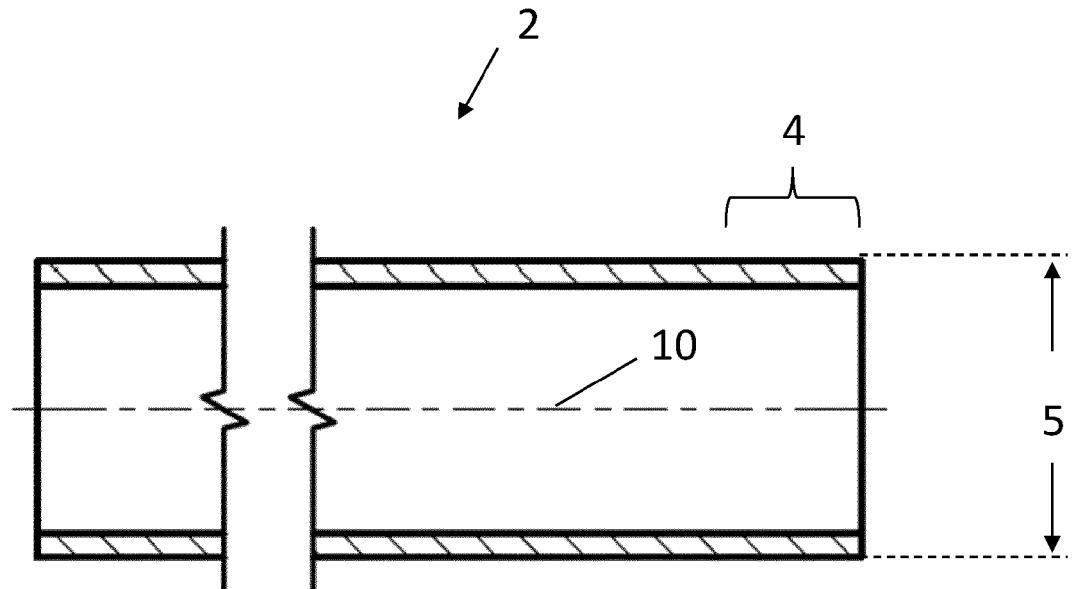
40

45

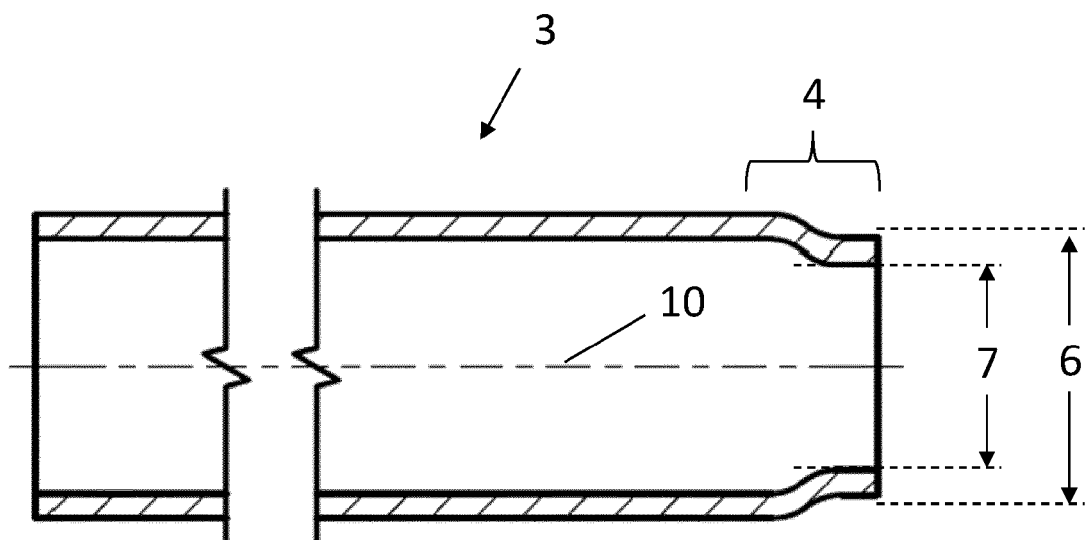
50

55

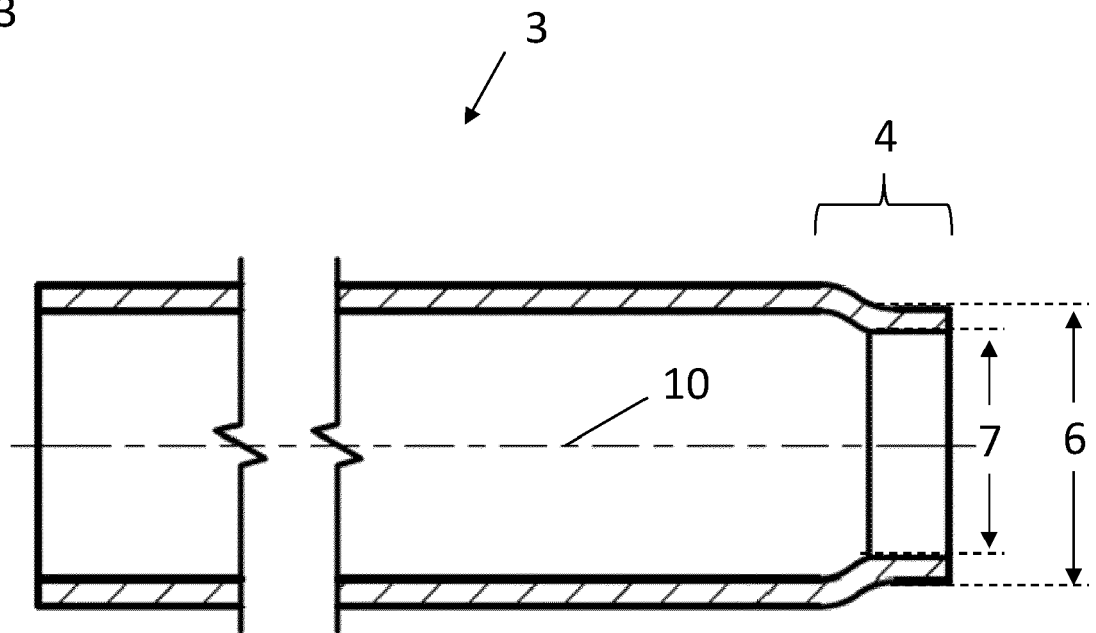
Figur 1



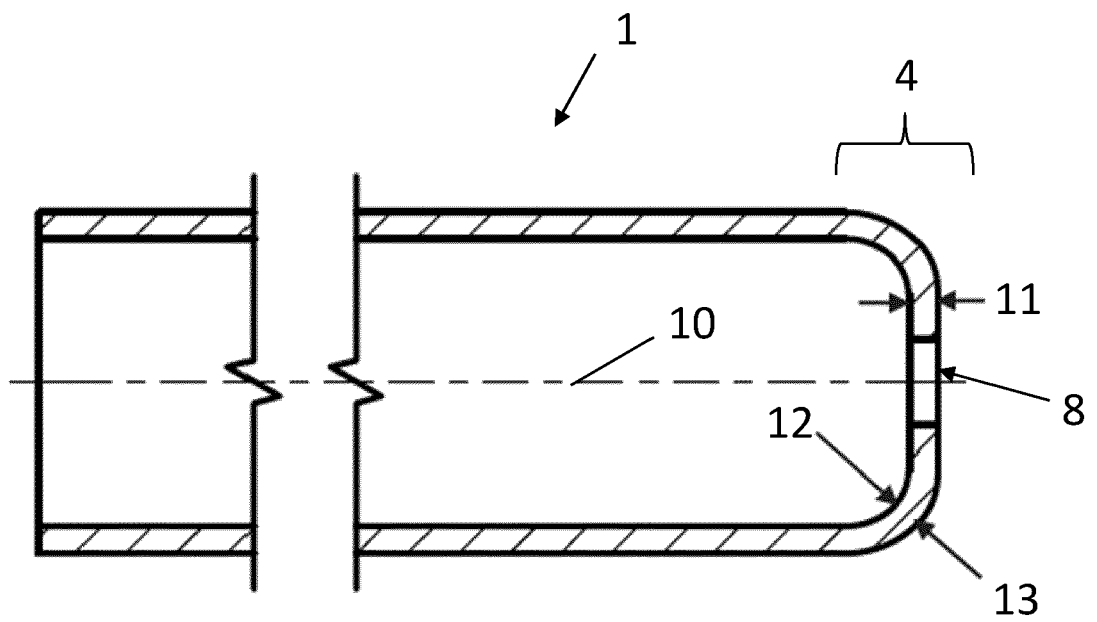
Figur 2



Figur 3



Figur 4





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 21 19 3602

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 1 704 944 A1 (CIE AUTOMOTIVE SA [ES]) 27. September 2006 (2006-09-27)	1, 2, 6-13	INV. B21D19/16
Y	* Ansprüche 1-3 * * Absatz [0006] * * Abbildungen 3A, 3B *	3-5	B21D41/04 B21D53/88 B21J9/02 B21K21/14
X	CH 322 716 A (WEISSE ERNST DR ING [DE]) 30. Juni 1957 (1957-06-30)	13	C21D9/00 B21D51/16
Y	* Ansprüche 1, 3-6 *	3-5	B21K21/12
A	* Abbildungen 1-4 *	1, 2, 6-12	B60R21/26
X	WO 2021/034037 A2 (WOBO TECH CO LTD [KR]) 25. Februar 2021 (2021-02-25)	1, 2, 10-13	
A	* Anspruch 1 * * Abbildungen 2, 3 *	3-9	
X	CN 103 817 490 A (DUAN JINTING) 28. Mai 2014 (2014-05-28)	1, 2, 10-13	
A	* Ansprüche 1, 2 * * Abbildung 1 *	3-9	
X	US 2 357 110 A (HEINEMAN WARREN F) 29. August 1944 (1944-08-29)	1, 5, 6, 10-13	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) B21D B21L C21D B21J B21K B60R
A	* Ansprüche 1-4 * * Abbildungen 1-7 *	2-4, 7-9	
X,D	DE 197 14 753 B4 (GFU GES FUER UMFORMUNG UND MASCHB GMBH [DE]) 5. Januar 2012 (2012-01-05)	13	
A	* Anspruch 1 * * Abbildung 1 *	1-12	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 9. Februar 2022	Prüfer Stanic, Franjo
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 21 19 3602

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

09-02-2022

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1704944 A1	27-09-2006	AT 429989 T	15-05-2009
		EP 1704944 A1	27-09-2006
		ES 2244355 A1	01-12-2005
		ES 2323544 T3	20-07-2009

CH 322716 A	30-06-1957	KEINE	

WO 2021034037 A2	25-02-2021	KR 20210021692 A	02-03-2021
		WO 2021034037 A2	25-02-2021

CN 103817490 A	28-05-2014	KEINE	

US 2357110 A	29-08-1944	KEINE	

DE 19714753 B4	05-01-2012	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 19714753 B4 [0002]
- DE 19607010 C1 [0004]